

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Matija Petranović

Zagreb, 2010.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Voditelj rada:

Prof. dr.sc. Bojan Jerbić

Matija Petranović

Zagreb, 2010.

Zadatak



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **MATIJA PETRANOVIĆ**

Mat. br.: 0035148514

Naslov: **SONYJEVA ANALIZA SKLOPIVOSTI**

Opis zadatka:

U pojedinim tehnologijama razvijeni su sustavni postupci kojima se ispituje specifična prikladnost - tehnološkičnost – proizvoda. Tako u tehnologiji sklapanja postoji nekoliko postupaka ispitivanja sklopivosti proizvoda, od kojih je jedan razvijen u Sonyju.


U radu je potrebno:

1. opisati Sonyjev postupak analize sklopivosti proizvoda;
2. odabrati proizvod, opisati ga, i analizirati Sonyjevim postupkom.

Zadatak zadan:

11. prosinca 2009.


Zadatak zadao:


Prof. dr.sc. Bojan Jerbić

Rok predaje rada:

Prosinac 2010.

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Dubravko Majetić

Referada za diplomske i završne ispite

Obrazac DS – 3B/PDS – 3B

Sonyjev DAC (*Design Analysis Control*) je metoda vrednovanja proizvoda kojom se služe konstruktori kako bi analizirali i izmjerili sklopivost njihovih konstrukcija. Svrha metode jest prilagodba postojećih proizvoda automatskom sklapanju, ali i konstrukcija novih proizvoda koji će biti lako sklopivi uz minimalne troškove.

U metodi se proces sklapanja rastavlja na skupine osnovnih radnji sklapanja. Procedura vrednovanja sastoji se od ocjenjivanja tri aspekta sklopa. To su: značajke dijelova, značajke sklapanja i značajke procesa.

Rezultat analize jesu parametri sklopivosti koji opisuju lakoću sklapanja pojedinih dijelova.

U ovom radu provedena je Sonyjeva analiza sklopivosti daljinskog upravljača televizora. Izračunato je vrijeme automatske montaže daljinskog upravljača, a također je posebno, mimo metode, određeno vrijeme ručnog sklapanja. Daljnja analiza po metodi DAC, pokazala je da je daljinski upravljač uzorno oblikovan za automatsku montažu, s time, da je eventualno potrebno preoblikovati samo jedan dio (i to zbog njegove fleksibilnosti).

Izjava

Izjavljujem da sam završni rad izradio samostalno koristeći se znanjem stečenim tokom dosadašnjeg studija, te informacijama iz literature i sa interneta.

Zahvaljujem prof. dr.sc. Bojanu Jerbiću i prof. dr.sc. Zoranu Kunicu, na stručnoj pomoći tokom izrade ovog rada.

Zahvaljujem se svojoj obitelji, posebno ocu i majci na razumijevanju i potpori tokom cijelog studija.

Matija Petranović

SADRŽAJ

Zadatak	3
Sažetak	4
Izjava	5
Popis slika	8
Popis tablica	9
1. UVOD	10
1.1. Oblikovanje proizvoda za sklapanje	10
1.2. Sklapanje ili montaža	11
1.3. Metoda DFA Boothroyda i Dewhursta	12
2. METODA DAC	14
2.1. Općenito o metodi	14
2.2. Osnovne radnje (operacije)	15
2.3. Značajke dijelova	17
2.4. Značajke sklapanja	20
2.5. Značajke procesa	22
2.6. Pravila ocjenjivanja	23
2.6.1. Osnovna pravila	23
2.6.2. Posebna pravila za dimenzije, težine i temperature	24
2.6.3. Posebna pravila za postojeću proizvodnu opremu	26
2.7. Osnovni proces vrednovanja (ocjenjivanja)	28
3. ANALIZA DALJINSKOG UPRAVLJAČA GRUNDIG TELE PILOT 160 C31	
3.1. Osnovne radnje za sklapanje daljinskog upravljača	34
3.1.1. Značajke dijelova daljinskog upravljača	34
3.1.2. Značajke sklapanja daljinskog upravljača	35
3.1.3. Značajke procesa (obrade) daljinskog upravljača	35
3.2. Osnovni proces vrednovanja daljinskog upravljača	36
3.2.1. Interpretacija rezultata osnovnog procesa vrednovanja -- općenito	38
3.2.2. Interpretacija rezultata osnovnog procesa vrednovanja daljinskog upravljača	40
3.3. Odabir koncepta konstrukcije za sklapanje proizvoda	41
3.4. Analiza i vrednovanje ciljeva	42
3.4.1. Vrednovanje postignuća koncepta	42
3.4.2. Poboľjšano vrijeme sklapanja	44
3.4.3. Analiza redoslijeda sklapanja	45

3.4.4.	<i>Distribucijski grafovi</i>	45
3.5.	Poboljšanje daljinskog upravljača	46
4.	ZAKLJUČAK	47
5.	LITERATURA	49

Popis slika

Slika 1. Prikaz odvijanja DFA	13
Slika 2. Vijci i nosači	15
Slika 3. Operacija vijčanja	15
Slika 4. Operacija vijčanja	16
Slika 5. Operacija lijepljenja nosača	16
Slika 6. Istovremeno odvijanje operacija montaže	17
Slika 7. Dijagram toka značajki dijelova	19
Slika 8. Primjer orijentacije dijelova	20
Slika 9. Primjer stezanja baznog dijela	21
Slika 10. Operacija umetanja	21
Slika 11. Kod DAC-a	27
Slika 12. Simbol za tekućine	28
Slika 13. Simbol za dijelove koji se pritežu	28
Slika 14. Osi umetanja kod sklapanja	28
Slika 15. Označavanje vrednovanih značajki	28
Slika 16. Daljinski upravljač Grundig Tele Pilot 160 C	32
Slika 17. Struktura daljinskog upravljača	32
Slika 18. Dijelovi daljinskog upravljača – pogled 1	33
Slika 19. Dijelovi daljinskog upravljača – pogled 2	33
Slika 20. Dijagrami sklopivosti	39
Slika 21. Dijagram sklopivosti Grundig Tele Pilot 160 C	40
Slika 22. Osnovni koncepti konstrukcije za sklapanje	41
Slika 23. Distribucijski grafovi	45

Popis tablica

Tablica 1. Primjer tablice značajki dijelova	18
Tablica 2. Primjer osnovnog vrednovanja.....	30
Tablica 3. Tablica ocjenjivanja (vrednovanja) značajki dijelova	34
Tablica 4. DAC tablica - osnovno vrednovanje za Grundig Tele Pilot 160 C	37
Tablica 5. Rezultati vrednovanja.....	38
Tablica 6. Sklopivost izražena po bodovima.....	38
Tablica 7. Tipovi montaže zavisno o bodovima.....	40
Tablica 8. Postignuće koncepta.....	43
Tablica 9. Vremenski koeficijenti	44

1. UVOD

1.1. Oblikovanje proizvoda za sklapanje

Nakon što su ručno sklapanje unaprijedili koliko se to moglo, inženjeri u Sonyju počeli su automatizirati svoje procese sklapanja. Problemi automatizacije su bili ti da su proizvodi bili jako kompleksni i bilo ih je teško sklopiti automatski. Razlog tome je bio taj što se u početnim fazama razvoja proizvoda nije vodilo dovoljno računa o njegovom sklapanju. Iz tog razloga Sony je razvio metodu DAC, kako bi mogli prilagoditi proizvode automatskom sklapanju. Cilj je bio konstruirati proizvode koji su lako sklopivi.

Efektivnost konstrukcije za lako sklapanje varira ovisno o tome kada se koristi. Primjerice ako se pokuša promijeniti oblik ili struktura nekog dijela proizvoda u fazi nakon konstruiranja (oblikovanja) cijelog proizvoda, vrlo vjerojatno će se morati promijeniti kalup tog dijela ili čak neki dio proizvodne opreme da bi izradili (popravili) taj dio. A to nije isplativo.

Inženjeri su se vjerojatno susreli s ovim problemom, ali s druge strane vjerojatno su isto iskusili mogućnost implementiranja odvažnih konstrukcijskih promjena samo zato što su u početnim fazama razvoja, dok je još bilo malo ograničenja, uzeli u obzir konstrukciju za lako sklapanje proizvoda. Pokušaji da se naprave poboljšanja konstrukcije već postojećeg sklopa vrlo su problematični. Zato treba uzeti u obzir od samog početka konstrukciju za lako sklapanje čime se izbjegava puno problema i ujedno postiže vrlo velika efikasnost.

1.2. Sklapanje ili montaža

Industrijski načinjeni tehnički proizvodi sastoje se često od više ugradbenih elemenata, koji se izrađuju u različitim vremenima i na različitim mjestima. Zadatak montaže je, da se sustav ugradbenih elemenata nekog proizvoda sklopi u sustav veće kompleksnosti određene namjene u određenom broju komada u jedinici vremena.

Montaža se sastoji od montažnih operacija. Kao i kod izradbe dijelova i kod montaže su potrebne dodatne vanjske funkcije, koje tek u njihovoj cjelovitosti tvore montažni sustav.

Montažna radna mjesta moraju se snabdjevati s informacijama, materijalom, alatom i napravama.

Potrebne informacije (montažni radni nalozi, sastavnice, upute za montažu, ...) se izrađuju u odjelu planiranja i vođenja montaže i preko informacijskog sustava raspodjeljuju na pojedine montažne stanice. Tijek montaže odgovara onome u izradbi dijelova.

Preko povratnih podataka s montažnih stanica mogu se prikupiti pogonski podaci i podesiti učinak u montaži što daje podlogu za daljnje planiranje kapaciteta.

Bitni se činitelji kod oblikovanja montažnog procesa i sustava izvide izravno iz proizvoda. Najveći utjecaj imaju: veličina, oblik, težina; kompleksnost (broj spojeva odnosno broj ugradbenih elemenata); struktura; kvalitativni zahtjevi, te broj komada i broj varijanti proizvoda

Montaža je neizbježna u slučajevima:

- a) ako se funkcija proizvoda ne može ostvariti jednim ugradbenim elementom;
- b) da treba osigurati međusobnu pokretljivost ugradbenih elemenata;
- c) potrebe za ugradbenim elementima od različitih materijala;
- d) jeftinije izradbe dva ugradbena elementa umjesto jednoga;
- e) osiguranja zamjenjivosti, transporta i demontaže ugradbenih elemenata radi smanjivanja troškova ili održavanja proizvoda;
- f) posebnih zahtjeva na proizvod.

Sustav ugradbenih elemenata nekog proizvoda sastoji se od: (pojedinačnih) dijelova, i/ili skopova i/ili bezobličnih tvari.

Dijelovi su geometrijski određene tvorevine nastale obradom nekog materijala, iz jednoga komada.

Sklopovi su geometrijski određene tvorevine sastavljene od najmanje dva ugradbena elementa. Odnosi između ugradbenih elemenata neke tvorevine ostvaruju se spojevima. Završni sklop jest proizvod.

Bezoblične tvari su plinovi, tekućine, praškovi i granulati.

Tehnologičnost se proizvoda za sklapanje očituje u:

- a) postojanju osnovnog (baznoga) ugradbenog elementa,
- b) ostvarenju samo jedne (što manjeg broja) osi sklapanja i ostvarenju smjera sklapanja odozgo nadolje,
- c) postizanju jednostavnih linearnih putanja sklapanja,
- d) strukturiranosti proizvoda u sklopove,
- e) primjeni pogodnih tehnika spajanja,
- f) primjeni standardnih ugradbenih elemenata,
- g) pogodnom obliku ugradbenih elemenata,
- h) definiranju odgovarajućih dosjeda ugradbenih elemenata,
- i) učinkovitoj primjeni načela eliminacije i integracije ugradbenih elemenata, te minimiranja broja veza (spojeva) između dijelova i sklopova.

Zbog važnosti problema koji se javljaju u procesu montaže u posljednjim desetljećima razvijeno je nekoliko metoda za analize sklopivosti proizvoda (tehnologičnosti proizvoda za sklapanje):

- Hitachi assemblability evaluation method – Hitachijeva metoda procjene sklopivosti;
- Lucas design for assembly evaluation – Lucasova metoda procjene oblikovanja za montažu;
- Boothroydova i Dewhurstova DFA - Design For Assembly - Oblikovanje proizvoda za sklapanje;
- Sonyjev DAC Design for assembly cost–effectiveness evaluation - upravljanje analizom oblikovanja.

1.3. Metoda DFA Boothroyda i Dewhursta

Godine 1977. Geoff Boothroyd je uz novčanu potporu agencije NSF (*National Science Foundation*) razvio metodu DFA. DFA je kratica za englesku složenicu *Design For Assembly* što znači oblikovanje proizvoda za sklapanje.

Godine 1981. Geoff Boothroyd i Peter Dewhurst zajedničkim snagama kreiraju kompjutorsku verziju metode DFA za komercijalno korištenje.

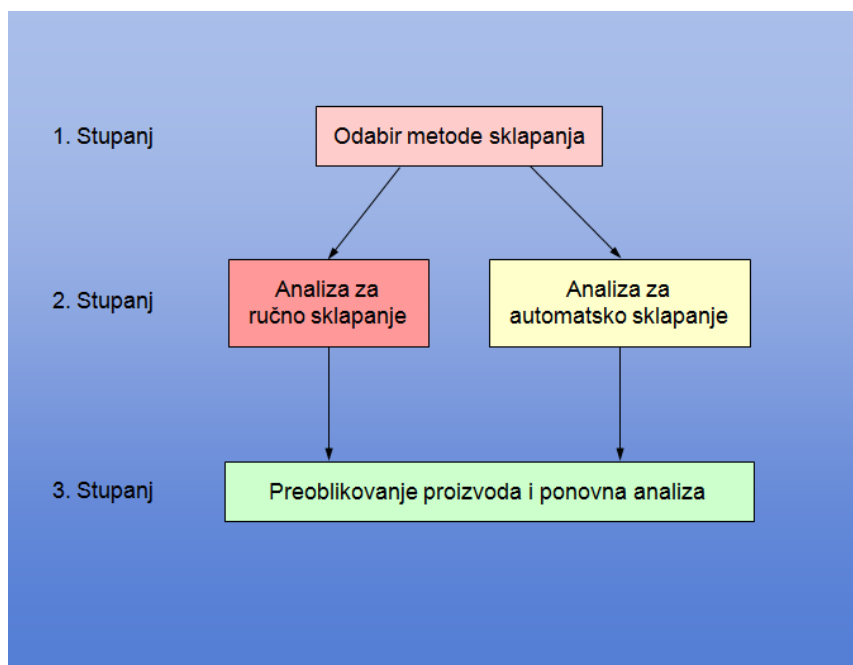
Svrha metode je sniženje troškova sklapanja, uz povišenje kvalitete i skraćanje vremena realizacije proizvoda na tržištu. Metoda se koristi i za procjenu vremena ručnog sklapanja proizvoda i za procjenu troškova automatskog sklapanja proizvoda.

Ciljevi metode su minimizacija broja ugradbenih elemenata i ostvarivanje uvjeta za olakšano spajanje preostalih ugradbenih elemenata.

Rezultati metode su procjena vremena i troškova sklapanja, te kvantifikacija efikasnosti oblikovanja (konstrukcije proizvoda se mogu uspoređivati).

Metoda DFA je najčešće korištena metoda za ručno sklapanja proizvoda, a u mnogim kompanijama ona je obavezno sredstvo za kontrolu proizvodnih troškova.

Kompanija *Xerox* uštedjela je stotine milijuna dolara primjenom ove metode u svojoj proizvodnji, a kompanija *Ford Motor Company* primjenom ove metode uštedjela je milijardu dolara. Ove brojke govore same po sebi koliko je metoda DFA važna u današnjoj proizvodnji.



Slika 1. Prikaz odvijanja DFA

Koncept razmišljanja koji se koristi u metodi DFA počeo se primjenjivati i u drugim područjima industrije i proizvodnje (DFX). Primjeri: *Design for Manufacture* i *Design for Environment*.

U ovome radu u žarištu zanimanja bit će Sonyjeva metoda DAC, manje poznata od Boothroydove i Dewhurstove.

2. METODA DAC

2.1. Općenito o metodi

Metodu DAC razvila je korporacija Sony 1984. godine pod vodstvom Yasuyukija Yamagiwe. DAC je kratica za englesku složenicu *Design Analysis Control*, koja bi se mogla prevesti kao *Upravljanje analizom oblikovanja*. Sony DAC je metodologija vrednovanja (sistem ocjenjivanja) kojom se služe konstruktori kako bi izmjerili i analizirali učinkovitost sklopivosti njihovih konstrukcija. Cilj ove metode je prilagodba postojećih proizvoda automatskom sklapanju, ali i konstrukcija novih proizvoda koji će biti lako sklopivi. Sonyjev pokušaj komercijalizacije softvera s ovom metodologijom je propao zbog visokih troškova.

Godine 2000. Sony daje prava na korištenje metode DAC američkoj kompaniji Adept Technology koja se bavi proizvodnjom industrijskih robota. Oni su prvi koji su implementirali znanje o procesu planiranja sklapanja u 3D digitalno okružje. Adept je DAC tehnologiju ugradio u svoj software pod nazivom Production Pilot. To je program za konstruiranje i planiranje procesa.

U ovoj metodologiji proces sklapanja je rastavljen na skupine osnovnih radnji sklapanja. Svaka od tih osnovnih radnji vrednuje se tako da se od maksimalnog broja bodova za sklopivost osnovne radnje, koji je 100, oduzimaju bodovi koji predstavljaju nekakve probleme tijekom sklapanja. Problemi kod sklapanja opisani su sa 30 značajki. Za svaku osnovnu radnju određuju se odgovarajuće značajke koje opisuju sklopivost te radnje. Procedura vrednovanja sastoji se od ocjenjivanja tri aspekta sklopa. To su značajke dijelova (*features of parts*), značajke sklapanja (*features of assembly*) i značajke procesa (*features of processing*).

2.2. Osnovne radnje (operacije)

Sklapanje se odnosi na ponavljanje radnji umetanja (*insertion*) i pozicioniranja (*placement*), spajanja (*fastening*) i obrade dijelova (*treatment*).

Primjer radnje je stezanje vijka i nosača. Ovo stezanje ima dvije radnje: umetanje i pozicioniranje nosača, te stezanje vijka.

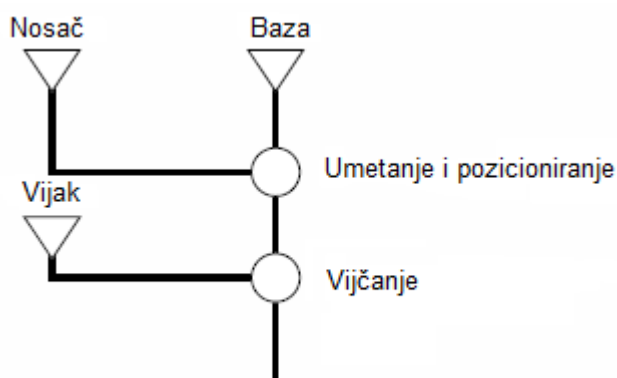
Ako se radi o lijepljenju nosača, onda ovaj postupak ima tri radnje:

- umetanje i pozicioniranje nosača,
- nanošenje ljepljive tvari (ova radnja isto spada pod umetanje i pozicioniranje)
- sušenje.

Svaka radnja klasificirana na ovakav način naziva se osnovnom radnjom.

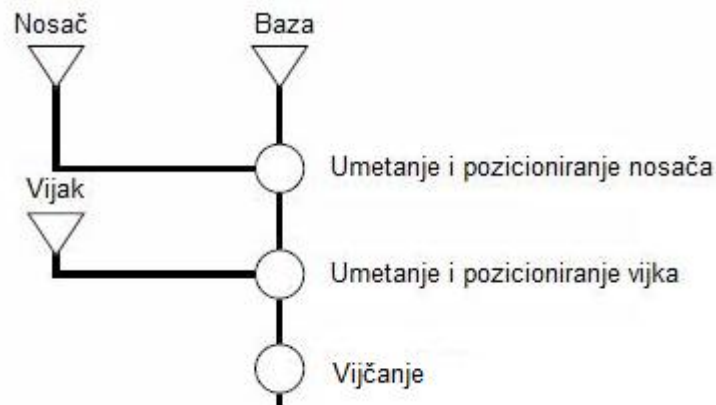


Slika 2. Vijci i nosači

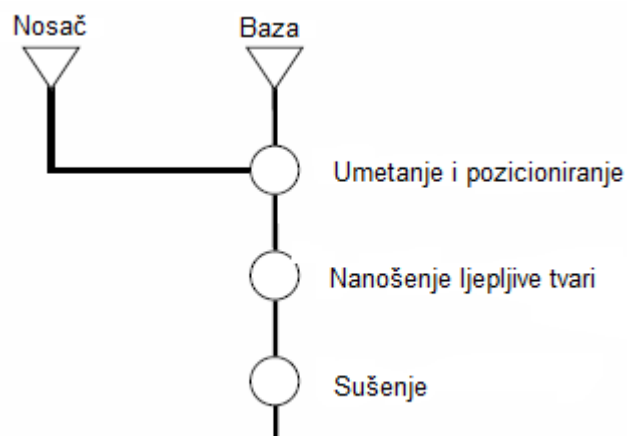


Slika 3. Operacija vijčanja

Valja naglasiti da za vijak nisu definirane radnje umetanja i pozicioniranja. Uzrok tome može se potražiti u jednom od načela automatske montaže koje govori o tome da ne smije biti čekanja dijelova u automatskoj montaži. Stoga je vjerojatno radnja umetanja i pozicioniranja vijka definirana kao rutinska i nerelevantna. Ako se uzme u obzir i ta radnja onda taj proces montaže izgleda ovako.



Slika 4. Operacija vijčanja



Slika 5. Operacija lijepljenja nosača

Radnje umetanja i pozicioniranja, vezivanja i obrade su najčešće samostalne operacije, ali se u posebnim slučajevima mogu odvijati istovremeno. Primjeri: operacija prešanja (*press-fit*) i operacija sa uskočnim spojem (*snap-fit*).



Slika 6. Istovremeno odvijanje operacija montaže

Svaka osnovna radnja koja se primjenjuje u postupku ocjenjivanja konstrukcije za lako sklapanje ima 3 glavna konstruktorska kriterija.

Značajke dijelova ocjenjuju (vrednuju) oblik i karakteristike dijela koje nam kazuju s kojom se lakoćom taj dio može dodavati (*feed*) i uzimati (*pick*).

Značajke sklapanja ocjenjuju mogućnost lakoće (jednostavnosti) orijentiranja, stezanja (*retain*) i sklapanja (*assembly*) pojedinog dijela.

Značajke procesa ocjenjuju lakoću pridržavanja (*retain*) i okretanja (*turn*) baznog dijela s ciljem pripreme za sljedeću operaciju.

2.3. Značajke dijelova

Dodavanje (*feed*) i uzimanje (*pick*) su ključni pojmovi za ocjenjivanje (vrednovanje) značajki dijelova.

Dodavanje (*feed*) opisuje lakoću orijentiranja dijela.

Uzimanje (*pick*) opisuje lakoću prihvata ili pomicanja dijela.

Ako upotrijebimo dijagram toka značajki dijelova bolje ćemo razumijeti i moći ćemo odrediti lakoću ili težinu dodavanja i uzimanja dijelova. Preporučljivo je držati pri ruci tablicu upotrebljivanih dijelova tako da karakteristike dodavanja i uzimanja budu što efikasnije izračunate, a ujedno i da se kasnije možemo pozvati na te rezultate ako nam zatrebaju.

Dodavanje (*feed*) 0 - lako se dodaje.

Dodavanje (*feed*) 20 - teško se dodaje.

Primjeri teškog dodavanja: labavi dijelovi, ljepljiva tekućina, savitljivi ili mekani dijelovi, osjetljivost na prašinu i ogrebotine, samoljepljivi dijelovi, dijelovi s rupama, utorima i žljebovima koji uzrokuju zapletanje, dijelovi s ograničenom orijentacijom i malim vanjskim značajkama.

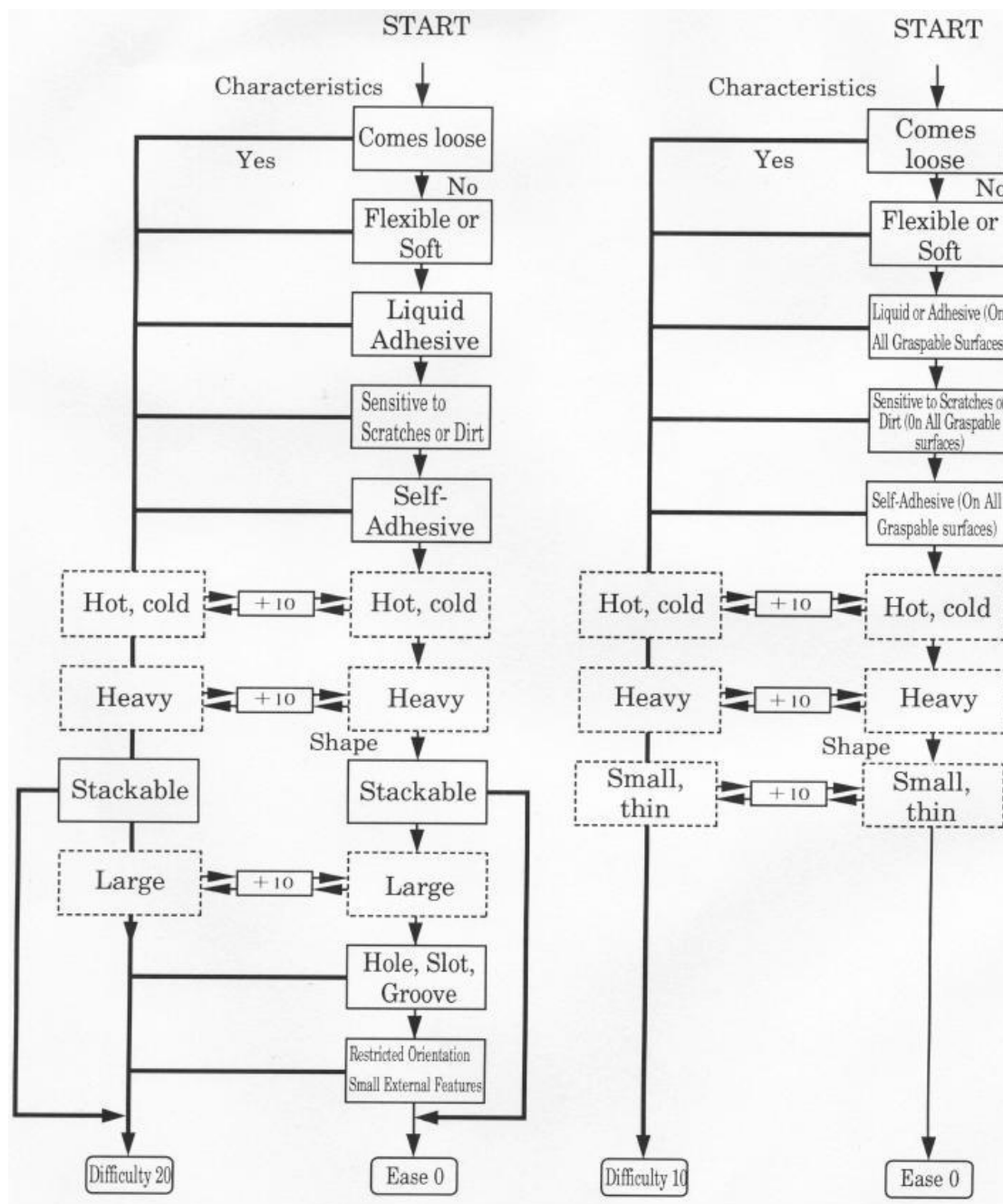
Uzimanje (*pick*) 0 - lako se uzima.

Uzimanje (*pick*) 10 - teško se uzima.

Primjeri teškog uzimanja: labavi dijelovi, savitljivi ili mekani dijelovi, ljepljiva tekućina prekriva sve površine s kojima se vrši zahvat (prihvat) dijela, površine osjetljive na prašinu ili ogrebotine, dijelovi samoljepljivi na prihvatnim površinama.

Tablica 1. Primjer tablice značajki dijelova

Ime dijela/Broj dijela	Dodavanje	Uzimanje	Značajke dijelova	Objašnjenje rezultata ocjenjivanja
Vratilo/110	0	0	0	Vratilo simetrično po dužini
Tankostijeni dijelovi/111	0	0	0	
Leće/112	20	0	20	Obje površine se mogu lako izgrebati
Zupčanik/113	20	0	20	Male vanjske značajke s obje strane zupčanika
Motor/114	20	10	30	Priključci motora imaju nepravilne oblike



Slika 7. Dijagram toka značajki dijelova

Lakoća ili težina dodavanja (*feed*) i uzimanja (*pick*) lako se mogu odrediti pomoću dijagrama toka značajki dijelova.

2.4. Značajke sklapanja

Ključni pojmovi za ocjenjivanje sklopa su orijentacija (*orientation*), stezanje (*retain*) i sklop (*assembly*).

Orijentacija (*orientation*) opisuje jednostavnost (lakoću) pomicanja dijelova uzduž osi Z.

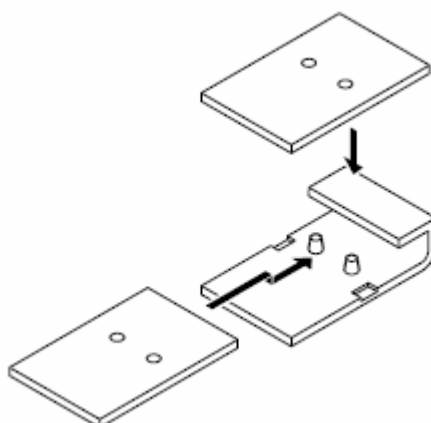
Stezanje (*retain*) opisuje potrebu da se bazni dio stegne (uklješti) tijekom sklapanja.

Sklop (*assembly*) opisuje lakoću ili težinu sklapanja dijelova (svaka operacija ima svoje bodove s kojima se ocjenjuje).

Orijentacija (*orientation*) 0 - orijentacija prema gore.

Orijentacija (*orientation*) 10 - bočna orijentacija (postrance).

Orijentacija (*orientation*) 20 - dijagonalno prema gore, dijagonalno prema dolje, zakrivljeno (nepravilno) kretanje uzrokovano oblikom drugih dijelova.

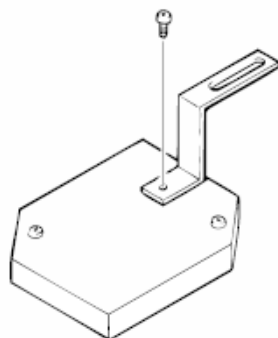


Slika 8. Primjer orijentacije dijelova

Stezanje (*retain*) 0 - nije potrebno stezati (uklještiti).

Stezanje (*retain*) 10 - potrebno je stegnuti (uklještiti).

Stezanje na 2 ili više mjesta = x 2.

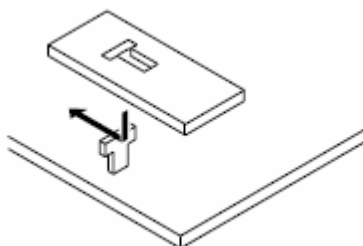


Slika 9. Primjer stezanja baznog dijela

Umetanje (*insert*) 0 - normalno umetanje.

Umetanje (*insert*) 10 - specijalno umetanje.

Primjeri specijalnog umetanja: zračnost (omjer osovine i rupe 0,9 ili više) bez zašiljenja i zakošenja, nema pozicioniranja (nema vodilica), umetanje i pozicioniranje dijela na koji je nanoseno ljepilo, istovremeno umetanje, umetanje u koracima, klizanje nakon umetanja.



Slika 10. Operacija umetanja

Umetanje (*insert*) 20 - umetanje savitljivih i mekih dijelova.

Upotreba tekućina (*apply*) 10 - upotreba tekućina na određenim mjestima (ulje, mast).

Upotreba tekućina (*apply*) 20 - upotreba ljepila na određenim mjestima.

Uskočni spoj (*snap-fit*) 10 - normalni uskočni spoj.

Uskočni spoj (*snap-fit*) 20 - specijalni uskočni spoj (više od 3 uskočna spoja, razmak veći od 50mm između uskočnih spojeva).

Prešanje (*press-fit*) 10 - normalno prešanje.

Prešanje (*press-fit*) 20 - specijalno prešanje (regulacija visine i dubine prešanja).

Kompletan popis značajki sklapanja može se naći u DAC kodu koji je prikazan slikom 11.

2.5. **Značajke procesa**

Stežanje (*retain*) i okretanje (*turn*) su ključni pojmovi za ocjenjivanje značajki procesa.

Stežanje (*retain*) opisuje radnju stezanja (učvršćenja/držanja) dijela nakon njegovog ugrađivanja u bazni dio s ciljem pripreme za sljedeću radnju u procesu sklapanja.

Okretanje (*turn*) opisuje radnju okretanja ili rotiranja baznog dijela s ciljem da se taj dio pripremi za sljedeću radnju u procesu sklapanja.

Stežanje (*retain*) 0 - ne treba stezati.

Stežanje (*retain*) 10 - treba stezati.

Stežanje na 2 ili više mjesta = x2.

Okretanje (*turn*) 0 - okretanje nije potrebno.

Okretanje (*turn*) 10 - okretanje za 90° ili manje.

Okretanje (*turn*) 20 - okretanje za 180° ili manje.

2.6. Pravila ocjenjivanja

Pravila ocjenjivanja mogu biti kategorizirana u slijedeća dva tipa: osnovna pravila i posebna pravila za specifične aplikacije. Posebna pravila se odnose na dimenziju, težinu i temperaturu dijelova i postojeće proizvodne opreme. Ova pravila su međutim određena neovisno i u skladu s okolinom korisnika.

2.6.1. Osnovna pravila

Osnovne radnje

1. Punjenje baznog dijela kao početna osnovna radnja.
2. Kontrola, prilagođavanje, strojna obrada i ostale radnje kao odvojene osnovne radnje.
3. Radnje koje se ponavljaju kod istog dijela smatraju se jednom osnovnom radnjom.

Značajke dijelova

1. Značajke dijelova ne ispitivati na tekućinama (npr. nafta/ulje, mazivo, ljepilo).
2. Kod premještanja prethodno montiranog dijela na drugo mjesto za umetanje, ispitati značajke dijelova (npr. kod spajanja glavnog kabla motora na konektor, ispituje se glavni kabel).
3. Kod premještanja prethodno montiranog dijela na drugo mjesto za umetanje, nije potrebno ispitivati dodavanje [Feed] ako je pomaknuti prethodno montirani dio fiksiran (krut).

Značajke sklapanja

1. Za montažu koja uključuje orijentaciju u dijelu radnje ili montažu koja ne uključuje orijentaciju, nije potrebno izvršiti ispitivanje orijentacije [Orientation] površinske radnje.

Npr.: sklapanje bez orijentacije, sušenje, ispiranje, sklapanje koje uključuje orijentaciju u dijelu radnje, fiksiranje opruge/remena, fleksibilna obrada, obrada olova.

2. Ako postoji više od jednog zadržavanja u pojedinoj osnovnoj radnji, maksimalno su dozvoljena 2 zadržavanja.

Zadržavanje na 2 mjesta vrednuje se ovako: značajke sklapanja (stezanje) [Retain] = 10 bodova x 2 = 20 bodova.

Zadržavanje na 3 mjesta vrednuje se isto kao zadržavanje na 2 mjesta:

značajke sklapanja (stezanje) [Retain] = 10 bodova x 2 = 20 bodova.

3. Kod učestalog zadržavanja, ispitati svaku osnovnu radnju dok se zadržavanje ne ukloni.
4. Nepotrebno ispitivati stezanje [Retain] na baznim dijelovima, ako se pogreška pojavljuje u praktičnoj uporabi.
5. Ako postoji press-fit ili snap-fit radnja, ispitati značajke sklapanja [Assembly] dodajući bodove za Insert i Press-Fit ili Snap-Fit. Međutim, nije potrebno dodavati bodove za male jedinice pakiranja.

6. Kod primjene tekućine na cijelu površinu dijela, ispitati značajke sklapanja [Assembly] multipliciranjem vrijednosti s 2.

Primjena nafte/ulja vrednuje se ovako: značajke sklapanja [Assembly] = 10 bodova x 2 = 20 bodova.

Primjena ljepila vrednuje se ovako: značajke sklapanja [Assembly] = 20 bodova x 2 = 40 bodova.

7. Kod sklapanja samo jednog dijela opruge za proširenje, ispitati značajke sklapanja [Assembly] multipliciranjem vrijednosti s 1/2 (zaokruživanjem na najbližu deseticu).

Kod sklapanja opruge za proširenje na dio koji strši vrednovanje se vrši ovako: značajke sklapanja [Assembly] = 40 bodova x 1/2 = 20 bodova.

Kod sklapanja opruge za proširenje u otvor vrednovanje se vrši ovako: značajke sklapanja [Assembly] = 50 bodova x 1/2 = 25 bodova = zaokružiti na 30 bodova.

Značajke procesa

1. Ako postoji više od jednog zadržavanja, ispitati značajke procesa

[Retain] multipliciranjem vrijednosti s 2 (uz maksimalno dozvoljeno zadržavanje)

Zadržavanje na 2 mjesta: značajke procesa (stezanje) [Retain] = 10 bodova x 2 = 20 bodova

Zadržavanje na 3 mjesta: značajke procesa (stezanje) [Retain] = 10 bodova x 2 = 20 bodova

2. Kod učestalog zadržavanja, ispitati svaku osnovnu radnju dok se zadržavanje ne ukloni.

Ostala pravila

1. Za dodavanje [Feed] baznog dijela, ispitati samo značajke dijelova i obrade.
2. Ako sušenje traje duže od 1 minute, nije potrebno bilježiti vrijednosti niti za jedano obilježje. Za sveukupni rezultat vrednovanja, zabilježiti rezultate od 0 i za standardnu radnju i jednostavnu montažu.
3. Nije potrebno vrednovati rezultate procesa koji se ne mogu primijeniti poput kontrole i prilagodbe.

2.6.2. *Posebna pravila za dimenzije, težine i temperature*

Raspon tolerancije može se podesiti za dimenzije, težinu i temperaturu kod svih dijelova u procesu sklapanja. Slijede primjeri podešene tolerancije:

- minimalna veličina (debljina u slučaju ravne ploče) 1mm ili više, maksimalna veličina 150 mm ili manje, težina 2 kg ili manje, temperatura 50°C ili manje.

Čak i ako svi dijelovi koji se koriste u proizvodu prelaze ove granice, ne moraju biti prema pravilima jer se relativni odnos vrijednosti ne mijenja, osim kod usporedbe s proizvodima druge kategorije.

Značajke dijelova

1. Ako dio za sklapanje prelazi granicu maksimalne veličine, treba dodati 10 bodova kod vrednovanja značajki dijelova (puniti) [Feed].
2. Ako dio za sklapanje padne ispod granice minimalne veličine, treba dodati 10 bodova kod vrednovanja značajki dijelova (pokupiti) [Pick].
3. Ako dio za sklapanje prelazi granicu težine, treba dodati 10 bodova svakom kod vrednovanja značajki dijelova [Feed] i [Pick].
4. Ako dio za sklapanje prelazi granicu temperature, treba dodati 10 bodova svakom kod vrednovanja značajki dijelova [Feed] i [Pick].
5. Ako dio za sklapanje prelazi granicu svakog od tri navedena parametra (minimalna/maksimalna veličina, težina i temperatura), treba dodati najviše 10 bodova kod vrednovanja značajki dijelova.

Npr. ako dio za sklapanje prelazi minimalnu/maksimalnu granicu veličine i težine vrednovanje izgleda ovako:

značajke dijelova (uzimanje) [Pick] dodani bodovi za težinu 10 bodova i dodani minimalni bodovi za veličinu 10 bodova, ukupno se dodaje 10 bodova.

Značajke sklapanja

1. Ako zadržani dio prelazi granicu težine, treba dodati 10 bodova rezultatu značajki sklopa [Retain]. Međutim, ne treba dodavati bodove ako se zadržavanje događa na vrhu površine gdje je težina irelevantna.
2. Ako zadržani dio prelazi granicu temperature, treba dodati 10 bodova rezultatu značajki sklopa [Retain].

Značajke procesa

1. Ako zadržani dio prelazi granicu težine, treba dodati 10 bodova kod vrednovanja značajki procesa (stezanje) [Retain]. Međutim, ne treba dodavati bodove ako se zadržavanje zbiva na vrhu površine gdje je težina irelevantna.
2. Ako zadržani dio prelazi granicu težine i ako se promijeni, treba dodati 10 bodova kod vrednovanja značajki procesa (okret) [Turn].
3. Ako zadržani dio prelazi granicu temperature, treba dodati 10 bodova kod vrednovanja značajki procesa (stezanje) [Retain].

2.6.3. *Posebna pravila za postojeću proizvodnu opremu*

Mogu se postaviti odgovarajuća pravila za postojeću proizvodnu opremu i uvjete proizvodnje.

Primjenjuju se kod postojeće proizvodne opreme. Slijede neki primjeri ovih posebnih pravila.

Osnovna radnja

Kod tokarskog stroja osnovna radnja je okret.

Značajke dijelova

Kod korištenja stroja za proizvodnju obruča, traka itd.

Podloška se vrednuju s 0 bodova.

Kompresijska zavojna opruga vrednuju se s 0 bodova.

Značajke sklapanja

Kod korištenja višefunkcionalnog tiskarskog stroja s mogućnošću lijepljenja.

Višestruka istovremena primjena ljepila smatra se jednom radnjom.

Kod korištenja stroja za lemljenje.

Višestruko istovremeno lemljenje smatra se jednom radnjom.

Kod prilagodbe na postojeće proizvodne uvjete.

Višestruko lemljenje na vrh jednog kraja poluvodiča smatra se jednom radnjom.

DAC kod na slici 11. prikazuje unaprijed definirane vrijednosti značajki pomoću kojih se određuje sklopivost proizvoda.

DAC Code: Assembly



Features of Parts

	Feed	Easy 0	Difficult 20
	Pick	Easy 0	Difficult 10



Features of Assembly

	Orientation	Up 0	Side 10	Diagonal 20
	Retain	No 0	Yes 10	In 2 places or more = X2
	Insert	Normal 0	Special 10	Wire 20
	Apply	Liquid 10	Adhesive 20	Surface = X2
	Snap-Fit	Normal 10	Space 20	
	Press-Fit	Collide 10	Height 20	
	Retaining Ring	OE 10	Special 20	
	Staking		Bending 20	Heating 30
	Screw		Normal 20	Special 30
	Weld		Spot 20	Special 30
	Solder	Apply + Heating		Solder 30
	Spring/Belt		Torsion 20	Extension 40 Special 50
	Glue	Apply + Clamping + Drying		
	Clamp	Clamping 10		
	Mark	Seal 10		
	Dry	Normal 10		Hot/Cold 30
	Rinse		Air 20	
	Flexible Treatment		Stripping 20	Special 50
	Lead Treatment			Hooking 40 Tying 50



Features of Processing

	Retain	No 0	Yes 10	In 2 places or more = X2
	Turn	No 0	-90° 10	-180° 20

Slika 11. Kod DAC-a

2.7. Osnovni proces vrednovanja (ocjenjivanja)

Osnovnim vrednovanjem određuje se sklopivost svake osnovne radnje na temelju dijagrama sklopivosti koji se temelji na skali od 0 do 100 i ukupnih podataka. Rezultati ovog vrednovanja se koriste za otklanjanje osnovnih problema kod procesa sklapanja proizvoda i za poboljšavanje konstrukcije proizvoda.

Proces vrednovanja

Korak (1) – unose se osnovne radnje.

Osnovne radnje detaljno opisuju postupak sklapanja nekog proizvoda tj. koje radnje treba izvesti da bi proizvod bio uspješno sklopljen.

Korak (2) – unosi se broj dijelova i simboli dijelova.

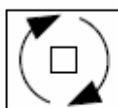
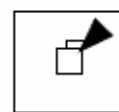
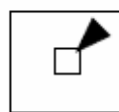
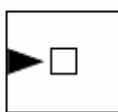


Slika 12. Simbol za tekućine



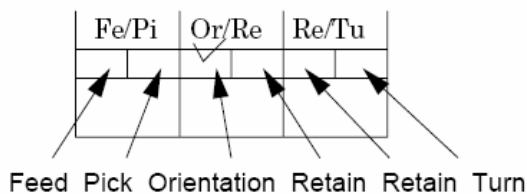
Slika 13. Simbol za dijelove koji se pritežu

Korak (3) – unosi se simbol koji pokazuje po kojoj osi se vrši sklapanje.



Slika 14. Osi umetanja kod sklapanja

Korak (4) – unose se rezultati vrednovanja značajki dijelova koji se određuju iz DAC koda. U isto vrijeme stavljaju se kvačice u polja koja predstavljaju te glavne značajke.



Slika 15. Označavanje vrednovanih značajki

Korak (5) - unose se rezultati vrednovanja značajki sklopa koji se određuju iz DAC koda.

Korak (6) - unose se rezultati vrednovanja značajki procesa koji se određuju iz DAC koda.

Korak (7) – izračunava se i unosi u tablicu ukupni rezultat za sve značajke za svaki dio.

Zbrajaju se značajke dijelova, sklopa i procesa za svaki dio proizvoda.

Ukupni zbroj vrijednosti značajki **f** = značajke dijelova **f 1** + značajke sklapanja **f 2** + značajke procesa **f 3**.

Korak (8) - izračunava se i unosi u tablicu ukupni rezultat standardnih radnji.

Standardna radnja **o** = ukupni zbroj vrijednosti značajki **f** x broj radnji **n**.

Broj radnji **n** se ne upisuje ako je 1.

Korak (9) - izračunava se i unosi u tablicu faktor sklopivosti.

Faktor sklopivosti **d** = 100 – ukupni zbroj vrijednosti značajki.

Ako je faktor sklopivosti negativna vrijednost, unosi se negativan broj u tablicu.

Korak (10) – Dijagram sklopivosti u DAC tablici popunjava se na temelju vrijednosti izračunatih u koraku 9.

Ako je faktor sklopivosti negativna vrijednost prikazuje se kao 0 u dijagramu sklopivosti.

Korak (11) – Izračunavaju se i unose ukupni rezultati vrednovanja.

Prosječni faktor sklopivosti **D1** (bodovi) = $\sum \text{faktor sklopivosti } d / \sum \text{ broj osnovnih radnji } n$.

Faktor sklopivosti **D2** (%) = $\sum \text{ broj osnovnih radnji sa sklopivošću većom od 70 bodova } (n \text{ 70}) / \sum \text{ broj osnovnih radnji } n$.

Ukupni rezultat standardnih radnji **D3** (bodovi) = $\sum \text{ rezultat standardnih radnji } o$

Ukupni broj dijelova **P** = $\sum \text{ broj dijelova } p$.

Tablica 2. Primjer osnovnog vrednovanja

Sheet # Assembly Procedure	Basic Operation	P No. of Parts	Assembly Orienta- tion Part Composi- tion	Korak 1	Korak 2	Korak 3	Korak 4	Korak 5	Korak 6	Korak 7	Korak 8	Korak 9	Korak 10
				(1) Features of Parts Fe/Pi	(2) Features of Assembly Or/Re	(3) Features of Processing Re/Tu	f = (1) + (2) + (3) Total Features		o = f × n Standard Operation		d = 100 - f Assembly-Ease diagram		
											0	50	70
	1 Supply	1	<input type="checkbox"/>	0		0	0		0				
	2 Press-Fit	2	<input type="checkbox"/>	0	10	0	10	2	20		90		
	3 Snap-Fit	2	<input type="checkbox"/>	0	10	0	10	2	20		90		
	4 Insert	1	<input type="checkbox"/>	0	10	10	20		20		80		
	Screw	2	<input type="checkbox"/>	0	40	0	40	2	80		60		
	5 Insert	1	<input type="checkbox"/>	0	10	0	10		10		90		
	5 Insert	1	<input type="checkbox"/>	0	10	40	50		50		50		
	Retaining Ring	2	<input type="checkbox"/>	20	30	0	50	2	100		50		

Korak 11

Total no. of
parts P 12 pts.

Total no. of
Standard
Operations D3 300 pts.

Assembly-ease
average D1 76.3 pts.

(610 / 8)

Assembly-ease
factor ratio D2 62.5 %

(5 / 8)

3. Analiza daljinskog upravljača Grundig Tele Pilot 160 C

Metoda DAC u ovom je radu primijenjena na daljinski upravljač marke Grundig oznake Tele Pilot 160 C (Slika 16.). Vanjskim pregledom daljinskog upravljača ustanovljen je njegov neobičan oblik. Za razliku od klasičnih daljinskih upravljača koji imaju striktno definirano pravokutno kućište ovaj ima zanimljiv oblik kućišta. Prednji dio nalik je pramcu broda, a stražnji dio je zaobljen prema dolje. Usprkos tome nije narušena njegova funkcionalnost i lakoća rukovanja, nego upravo suprotno.

Gabaritne dimenzije daljinskog upravljača jesu: duljina 160 mm, širina 57 mm, i visina 25 mm.

Daljinski upravljač je sklop koji se sastoji od sljedećih dijelova:

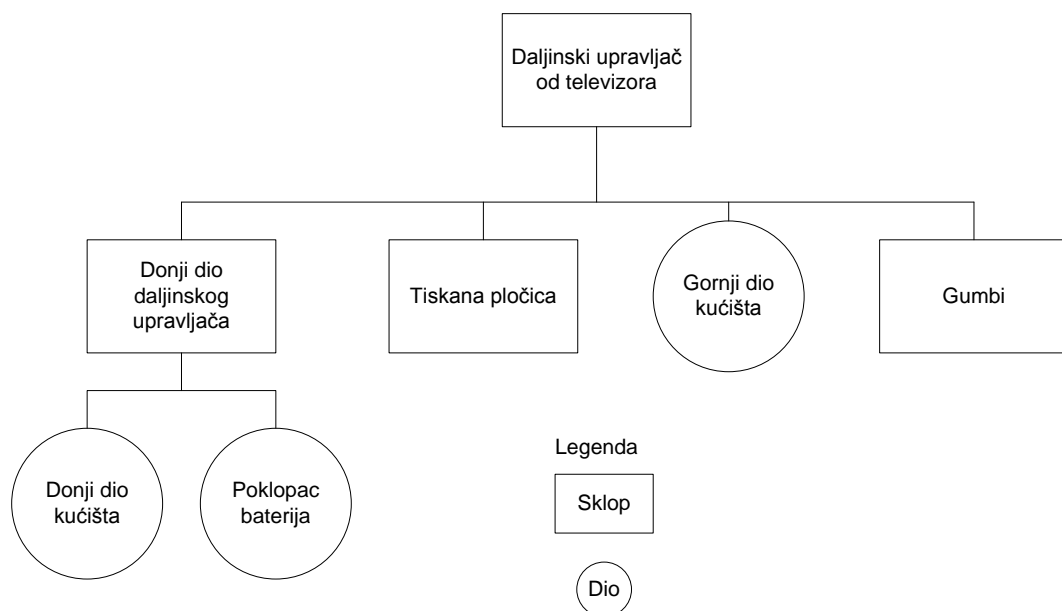
1. gornjeg dijela kućišta,
2. sklopa gumbiju,
3. tiskane pločice,
4. donjeg dijela kućišta,
5. poklopca baterija.

Struktura daljinskog upravljača prikazana je slikom 17.

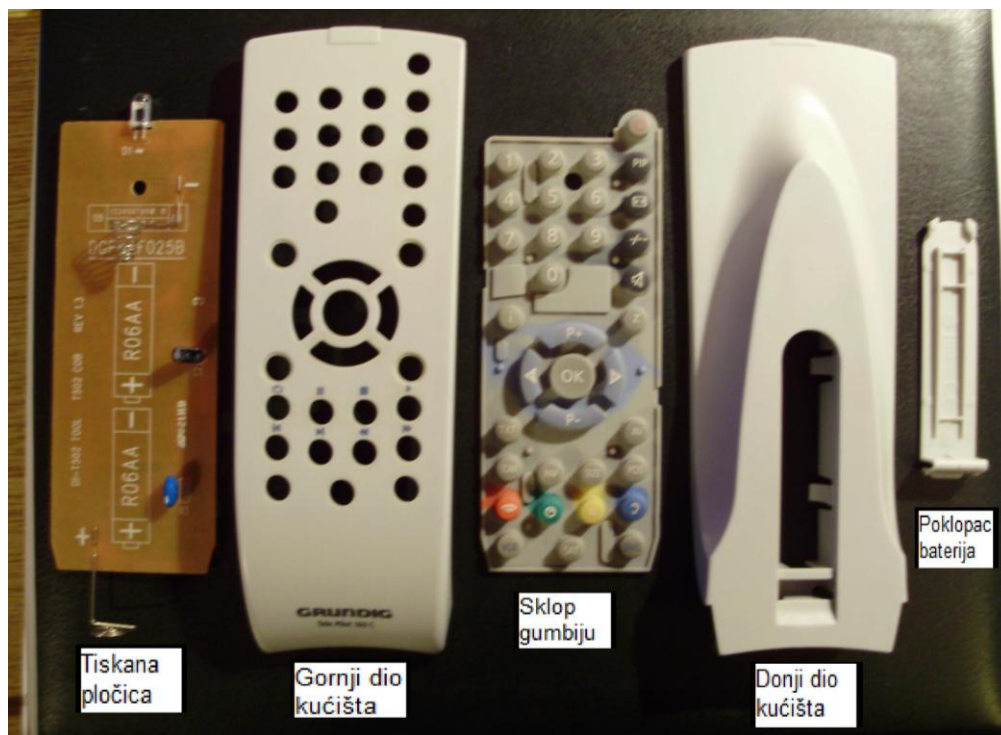
Slikama 18. i 19 dijelovi daljinskog upravljača prikazani su s obje strane, radi što boljeg i detaljnijeg uvida u problematiku sklapanja s kojom ćemo se kasnije susresti kod analize.



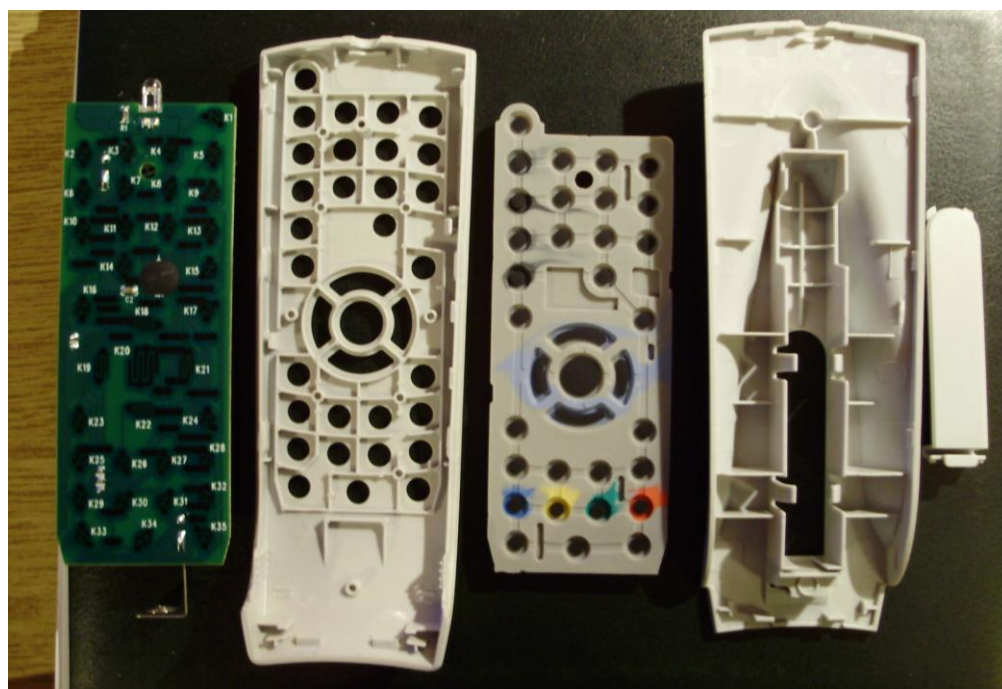
Slika 16. Daljinski upravljač Grundig Tele Pilot 160 C



Slika 17. Struktura daljinskog upravljača



Slika 18. Dijelovi daljinskog upravljača – pogled 1



Slika 19. Dijelovi daljinskog upravljača – pogled 2

Za primjenu metode DAC potrebno je prethodno definirati redoslijed sklapanja. Redoslijed sklapanja jest:

1. gornji dio kućišta - to je ujedno i bazni dio;

2. sklop gumbiju – gumbi od silikonske gume s čije su donje strane zalijepljeni vodljivi diskovi (svaki gumb ima svoj vodljivi disk kojim se ostvaruje kontakt s tiskanom pločicom);

3. tiskana pločica – pločica od pertinaksa na kojoj se nalaze vodiči, led dioda, kondenzator, induktivni otpornik, kontakti;

4. donji dio kućišta;

5. poklopac baterija.

Redoslijed sklapanja u kojemu je donji dio kućišta bio odabran za bazni dio, nije se pokazao kao dobar izbor. Problem se javio kada se došlo do radnje u kojoj je trebalo sklopiti gumbe s baznim dijelom. Razlog tome je bio taj što su gumbi napravljeni od silikonske gume (dio je elastičan i mekan) i potrebno je jako precizno pozicioniranje da bi se omogućilo sklapanje sa gornjim dijelom kućišta.

Tu se javila ideja da se glavni sklop podijeli na sklopove nižeg stupnja ugradnje. Dijelovi 3, 4 i 5 činili bi glavni sklop, a dijelovi 1 i 2 sklop nižeg stupnja ugradnje. Ali ovakva podjela nije moguća zato što ova metoda ne podržava sklopove nižeg stupnja ugradnje.

3.1. Osnovne radnje za sklapanje daljinskog upravljača

3.1.1. Značajke dijelova daljinskog upravljača

Značajke dijelova daljinskog upravljača kao i obješnjenje rezultata ocjenjivanja prikazani su tablicom 3. Rezultati ocjenjivanja pojedinih dijelova dobiveni su osobnom procjenom uz pomoć DAC koda u kojem su prikazane vrijednosti za određenu radnju.

Tablica 3. Tablica ocjenjivanja (vrednovanja) značajki dijelova

Ime dijela	Broj dijela	Dodavanje	Uzimanje	Značajke dijelova	Objašnjenje rezultata ocjenjivanja
Gornji dio kućišta	1	0	0	0	Nema problema sa dodavanjem i uzimanjem.
Gumbi	2	20	10	30	Sklika površina pa je otežano dodavanje i uzimanje
Tiskana pločica	3	0	10	10	Mora se paziti kao uzimanja dijela na kontakte koji strše
Donji dio kućišta	4	0	0	0	Nema problema sa dodavanjem i uzimanjem.
Poklopac baterija	5	0	10	0	Mali dio pa je uzimanje otežano

3.1.2. *Značajke sklapanja daljinskog upravljača*

Kao što je već spomenuto u poglavlju 2.5. ključni pojmovi za vrednovanje značajki sklopa su orijentacija (*orientation*), stezanje (*retain*) i sklop (*assembly*). Svaki dio proizvoda vrednuje se prema tim značajkama.

Svi dijelovi daljinskog upravljača analizirani u ovom radu imaju orijentaciju prema gore (*orientated upwards*). To znači da se sklapanje vrši odozgo prema dolje. Pošto je značajka *orientation* ocijenjena s 0 (*DAC code*) ne utječe na konačni rezultat.

Značajka *retain*. Da li treba uklještit bazni dio kod sklapanja?

Nije nužno potpuno uklještenje (stezanje) daljinskog upravljača nego ograničavanje određenog stupnja gibanja.

Osnovne radnje značajke *assembly* opisane su tekstom ispod.

Za bazni dio se uzima gornji dio kućišta. U njega se umeće sklop gumbiju (gumena pločica s gumbima) radnjom (operacijom) INSERT 20. Gumbi se pozicioniraju u gornjem dijelu kućišta pomoću rupe pri vrhu pločice s gumbima. Ta radnja je izabrana zato što je taj dio mekan i elastičan te se iz tog razloga mora izabrati složenost 20.

Tiskana pločica se umeće u gornji dio kućišta na sklop s gumbima radnjom INSERT 10 (specijalno umetanje). Pozicionira se pomoću rupe pri vrhu tiskane pločice. Zbog male zračnosti između rupe na tiskanoj pločici i odgovarajuće joj vodilice za centriranje na gornjem dijelu kućišta odabire se složenost 10. Nakon pozicioniranja pločica se učvršćuje za kućište sa 2 uskočna spoja. To opisuje radnja SNAP-FIT 10. Ocjena 10 kod ove radnje znači normalni uskočni spoj.

Gornji i donji dio kućišta sklapaju se radnjom SNAP-FIT 20 zato što postoji više od 3 uskočna spoja (12 uskočnih spojeva). Prije toga mora se obaviti sklapanje kontakta na tiskanoj pločici i donjeg dijela kućišta radnjom INSERT 10 (zbog malog utora na kućištu). Nakon toga prvo se učvršćuju prednja dva uskočna spoja, pa bočni uskočni spojevi i na kraju stražnji uskočni spojevi.

Poklopac baterija sklapa se sa donjim dijelom kućišta u dvije radnje. Prva radnja je INSERT 0, a druga SNAP-FIT 10. Poklopac se umeće u utor na donjem dijelu kućišta pomoću vodilica koje za nalaze na rubovima utora.

3.1.3. *Značajke procesa (obrade) daljinskog upravljača*

Da li treba pridržavati neki dio nakon što se ugradi u sklop?

Nije potrebno nikakvo pridržavanje.

Da li treba okretati bazni dio s ciljem njegove pripreme za sljedeću operaciju?

Nije potrebno okretanje baznog dijela.

3.2. Osnovni proces vrednovanja daljinskog upravljača

Nakon određivanja vrijednosti značajki dijelova, sklapanja i procesa koje je obavljeno u poglavlju 3.1. kreće se na ispunjavanje DAC tablice sklopivosti (*DAC sheet assembly*).

Detaljan proces vrednovanja prikazan je u poglavlju 2.6.

Tablica 4. DAC tablica - osnovno vrednovanje za Grundig Tele Pilot 160 C

[illegible]

Tablica 5. Rezultati vrednovanja

Ukupni broj dijelova P (bodovi)	5	Ukupni rezultat standardnih operacija D3 (bodovi)	150	Prosječni faktor sklopivosti D1 (bodovi)	81,3
		Faktor postignuća koncepta C (%)		Faktor sklopivosti D2 (%)	87,5

Tablica 5 je nastavak tablice 4.

Tablica 4. prikazuje osnovni proces vrednovanja daljinskog upravljača Grundig Tele Pilot 160 C Sony DAC metodom.

Strelice u tablici 4. (*assembly orientation*) predstavljaju osi sklapanja dijelova. Sklapanje se vrši odozgo prema dolje za sve dijelove.

3.2.1. Interpretacija rezultata osnovnog procesa vrednovanja -- općenito

Da bi se uspješno provela interpretacija rezultata osnovnog procesa vrednovanja potrebno je prvo razjasniti parametre na kojima se ona temelji.

- Sklopivost se za svaku osnovnu radnju vrednuje po skali od 0 do 100 bodova.

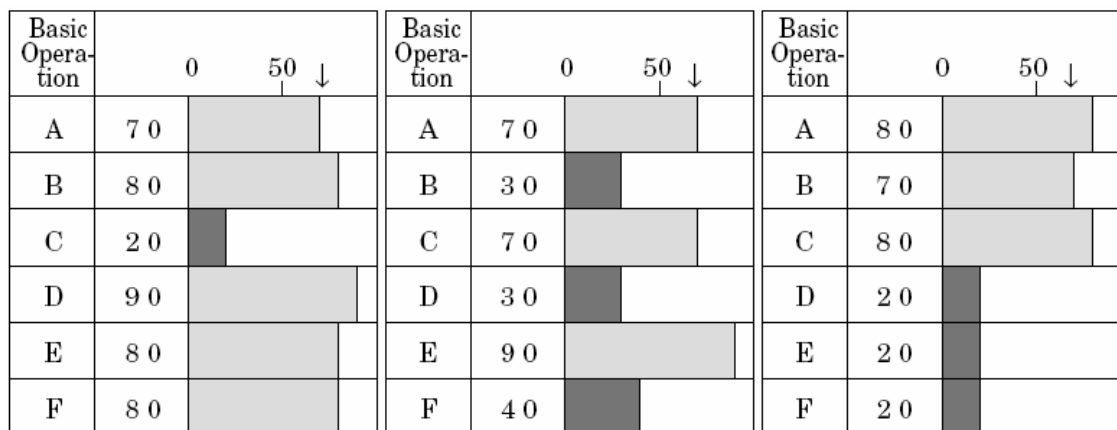
Tablica 5. pokazuje sklopivost po bodovima.

Tablica 6. Sklopivost izražena po bodovima

100 ~ 70 bodova	Laka sklopivost. Sklapanje uključuje jednostavne radnje koje lako mogu biti izvedene ručnim sklapanjem ili robotom.
~ 50 bodova	Za sklapanje je potreban određeni stupanj znanja i vještine. Potrebno je ponovno pregledati konstrukciju proizvoda.
~ 0 bodova	Teška sklopivost. Potrebno je hitno popraviti konstrukciju proizvoda.

- Dijagrami sklopivosti

Dijagrami sklopivosti pokazuju koliko je jednostavna svaka osnovna radnja za izvođenje. Također pokazuju tok sklapanja.



Slika 20. Dijagrami sklopivosti

Prvi dijagram prikazuje prekid u sredini procesa sklapanja. Potrebno je promijeniti redoslijed sklapanja radnje C.

U drugom dijagramu je vidljiva slaba ravnoteža u procesu sklapanja. Potrebno je radnje B, D i F staviti jednu iza druge.

Treći dijagram prikazuje da su problemi u procesu sklapanja koncentrirani na jednom mjestu. Nije potrebno mijenjati redoslijed sklapanja, ali je potrebno promijeniti ili poboljšati radnje D, E i F.

- Parametri sklopivosti

Prosječni faktor sklopivosti D1 pokazuje kolika je sklopivost proizvoda. Ova vrijednost se uzima kao pomoćna vrijednost parametru D2. Izražava se u bodovima (max 100 bodova).

Faktor sklopivosti D2 pokazuje sklopivost proizvoda u postocima (max 100%).

Ukupni rezultat standardnih radnji D3 pokazuje koliko je posla potrebno obaviti da bi se proizvod sklopio.

3.2.2. Interpretacija rezultata osnovnog procesa vrednovanja daljinskog upravljača

Kao što se vidi iz tablice 4. parametri za sklopivost daljinskog upravljača su:

- prosječni faktor sklopivosti D1 = 81,3 boda
- faktor sklopivosti D2 = 87,5 %
- ukupni rezultat standardnih radnji D3 = 150 bodova.

Na temelju tablice 5. i parametra D2 vidljivo je da je ovaj daljinski upravljač lako sklopiv. Bodovi koji su dobiveni osnovnim procesom vrednovanja pokazuju da je ovaj proizvod u potpunosti moguće sklopiti pomoću standardnih robota tj. automatskom montažom.

Tablica 7. Tipovi montaže zavisno o bodovima

Bodovi	Tip montaže (sklapanja)
0-30	Nije moguća automatska montaža. Potrebna ručna montaža.
30-70	Za automatsku montažu potrebni posebni roboti.
70-100	Standardni roboti mogu izvršiti automatsku montažu.

Iz dijagram sklopivosti vidi se poteškoća kod radnje umetanja (*insert*) dijela 2 u dio 1. Radi se o radnji umetanja sklopa gumbiju u gornji dio kućišta. Umetanje je otežano jer je sklop gumbiju mekan i elastičan i tu dolazi do problema.

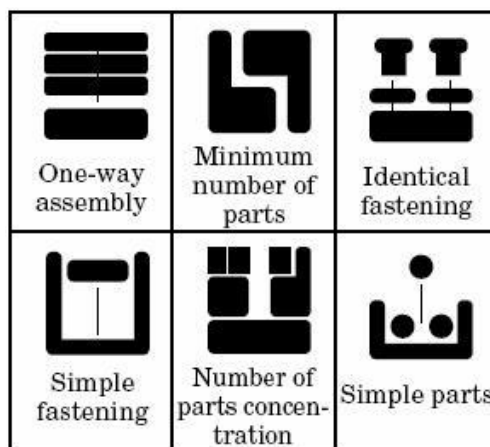
Basis Operation		0	50
1 Supply	100		
2 Insert	50		
3 Insert	80		
3 Snap - fit	80		
4 Insert	90		
4 Snap - fit	80		
5 Insert	90		
5 Snap -fit	80		

Slika 21. Dijagram sklopivosti Grundig Tele Pilot 160 C

3.3. Odabir koncepata konstrukcije za sklapanje proizvoda

Prije daljnjih analiza potrebno je odabrati koncepte prema kojima se mogu utvrditi karakteristike konstrukcije proizvoda kojeg vrednujemo. Ispituje se koliko se proizvod poklapa s odabranim konceptima.

Osnovni koncepti konstrukcije za sklapanje.



Slika 22. Osnovni koncepti konstrukcije za sklapanje

Sklapanje po istoj osi (*one-way assembly*) – koncept kod kojeg nije potrebno okretati ili mijenjati poziciju dijelova za sklapanje i sklapanje može biti izvedeno po istoj osi.

Minimalni broj dijelova za sklapanje (*minimum number of parts*) – koncept kod kojeg je broj potrebnih dijelova sveden na minimum.

Ista metoda spajanja (*identical fastening*) – koncept kod kojeg se svi dijelovi spajaju istom metodom.

Jednostavno spajanje (*simple fastening*) – koncept kod kojeg se naglasak stavlja na jednostavne radnje spajanja.

Sklapanje na jednom mjestu (*number of parts concentration*) – koncept kod kojeg se svi specijalni dijelovi sklapaju na istom mjestu.

Jednostavni dijelovi (*simple parts*) – koncept kod kojeg dijelovi moraju biti jednostavnih oblika radi lakšeg rukovanja s njima.

Odabrani koncepti su “sklapanje po istoj osi” (*one-way assembly*) i “jednostavno spajanje” (*simple fastening*).

Ovi koncepti su izabrani zato što se svi dijelovi daljinskog upravljača sklapaju odozgo prema dolje i zato što se spajaju pomoću uskočnih spojeva.

3.4. Analiza i vrednovanje ciljeva

Ovaj postupak sastoji se od analize četiri cilja. Vrednovanje postignuća koncepta, poboljšano vrijeme sklapanja, analiza redosljeda sklapanja i ostale analize i vrednovanja.

3.4.1. Vrednovanje postignuća koncepta

- Proces vrednovanja

Utvrđuje se da li su se osnovnim radnjama postigli zadani ciljevi koji su postavljeni odabranim konceptom konstrukcije za sklapanje.

Korak (1) U DAC tablicu unose se odabrani koncepti.

Korak (2) Detaljna analiza odabranih koncepata. Utvrđuje se koje osnovne radnje pripadaju odabranim konceptima.

Korak (3) Zaokružuju se oni rezultati standardnih radnji koji odgovaraju osnovnim radnjama odabranih koncepata.

Korak (4) Izračunava se faktor C.

Faktor C predstavlja postignuće koncepta.

Faktor C (%) = $\frac{\sum \text{rezultati standardnih radnji koji zadovoljavaju osnovne radnje koncepta}}{\sum \text{rezultati standardnih radnji}}$

Osnovna radnja za koncept “sklapanje po istoj osi” (*one-way assembly*) je *insert*. Radnja *insert* za sve dijelove ima istu os sklapanja (*upward orientation*) odozgo prema dolje.

Osnovna radnja za koncept “jednostavno spajanje” (*simple fastening*) je *snap – fit*. Spajanje dijelova izvedeno je pomoću uskočnih spojeva.

Za sklapanje daljinskog upravljača potrebno je sedam osnovnih radnji. Četiri radnje *insert* i 3 radnje *snap – fit*. Iz tog razloga uzimaju se svi rezultati standardnih radnji zato što zadovoljavaju sve osnovne radnje odabranih koncepata.

Faktor postignuća koncepta C za daljinski upravljač je 100 %.

- Interpretacija rezultata analize koncepata

Tablica 8. Postignuće koncepta

100 ~ 70 bodova	Konstrukcija se poklapa sa konceptom.
~ 50 bodova	Potrebno je ponovno proučiti konstrukciju proizvoda i unijeti male promjene da bi se postigao željeni koncept.
~ 0 bodova	Teško se može postići odabrani koncept postojećom konstrukcijom. Potrebno je popraviti konstrukciju proizvoda.

Konstrukcija daljinskog upravljača Grundig Tele Pilot 160 C se u potpunosti poklapa sa odabranim konceptima.

3.4.2. *Poboljšano vrijeme sklapanja*

Poboljšano vrijeme sklapanje se može odrediti tako da se izračuna vrijeme sklapanja na temelju ukupnih rezultata standardnih radnji.

Na temelju parametra D2 koji je izračunat u poglavlju 3.2.2. zaključeno je da se ovaj proizvod u potpunosti može sklopiti automatskom montažom. Stoga se ovdje izračunava vrijeme za automatsku montažu.

Vrijeme sklapanja za automatsku montažu (min) = (ukupni broj dijelova **P** + parameter **D3**) x vremenski koeficijent.

Vremenski koeficijent se može procijeniti na temelju veličine proizvoda.

Tablica 9. Vremenski koeficijenti

Proizvod stane u dlan.	1 / 1000 ~ 1 / 750
Proizvod stane na stol.	1 / 750 ~ 1 / 500
Proizvod ne stane ni u dlan ni na stol.	1 / 500 ~

Da bi se dobilo točno vrijeme sklapanja rezultat standardnih radnji mora biti preko 1000. Rezultat standardnih radnji za daljinski upravljač je 150. Razlog tome je mali broj dijelova.

Vrijeme sklapanja za automatsku montažu (min) = (5 + 150) x 1 / 750 = 0,2066 min = 12,396 sec.

Vrijeme sklapanja za ručnu montažu iznosi oko 15 sekundi.

3.4.3. Analiza redoslijeda sklapanja

Kod analize redoslijeda sklapanja koriste se simboli koji pokazuju koje osnovne radnje imaju veći prioritet kod mijenjanja redoslijeda sklapanja. Ovom analizom se poboljšava redoslijed sklapanja.

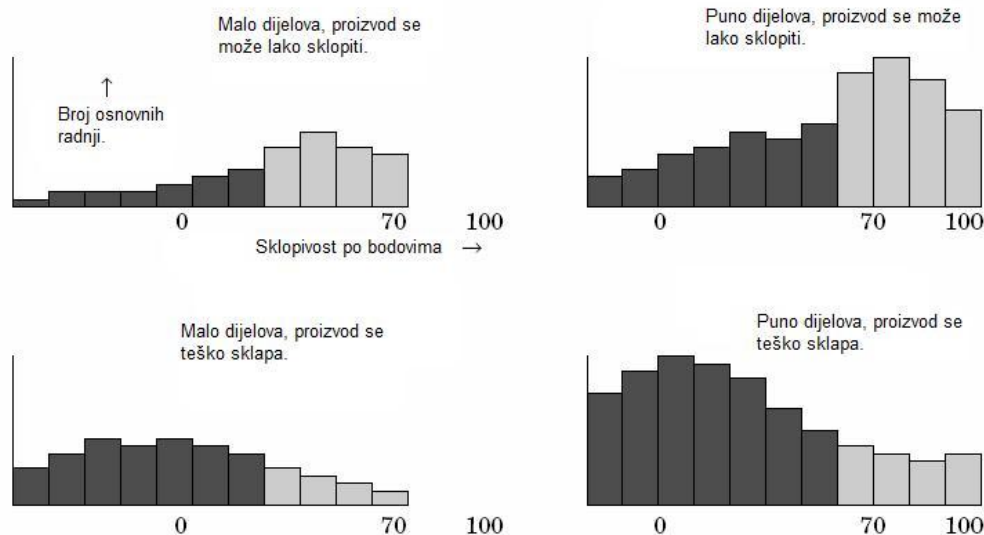
Osnovne radnje sa većim proritetom kod mijenjanja redoslijeda sklapanja su:

- ↓ Osnovne radnje koje bi trebale biti pomaknute prema nazad u redoslijedu sklapanja.
- ↑ Osnovne radnje koje bi trebale biti pomaknute naprijed ili nazad u redoslijedu sklapanja.
- I Osnovne radnje koje bi trebalo povezati sa sličnim radnjam iste složenosti.

Nije potrebno mijenjati redoslijed sklapanja.

3.4.4. Distribucijski grafovi

Distribucijski grafovi pokazuju odnos između rezultata vrednovanja sklopivosti i broja osnovnih radnji.



Slika 23. Distribucijski grafovi

Daljinski upravljač najbolje opisuje prvi graf. Sastoji se od malog broja dijelova koji se mogu lagano sklopiti.

3.5. Poboljšanje daljinskog upravljača

Automatsku montažu daljinskog upravljača otežava sklapanje dijela na kojem su gumbi tj. sklop gumbiju.

Taj dio je napravljen od silikonske gume što ga čini jako mekanim i elastičnim. Zbog toga je otežano rukovanje i pozicioniranje ovog dijela.

Potrebno je jako precizno pozicioniranje da bi se omogućilo sklapanje sa gornjim dijelom kućišta.

Kao moguće rješenje nameće se izrada tog dijela od čvršćeg materijala, ali opet je pitanje da li će promjena materijala utjecati na njegovu funkcionalnost.

Drugo rješenje moglo bi ležati u proširenju rupa na gornjem dijelu kućišta. Time bi se ostvarilo lakše sklapanje tj. sklop gumbiju bi lakše sjedao u kućište.

4. ZAKLJUČAK

Oblikovanje proizvoda za sklapanje vrlo je često od kritične važnosti za današnje proizvodne procese. Iskusni inženjeri znaju da se 85% proizvodnih troškova definira u ranim fazama oblikovanja proizvoda.

Suština metoda za oblikovanje proizvoda jest u ranom predviđanju problema sklapanja i njihovom rješavanju prije nego se pojave u proizvodnji.

Primjenom gore spomenutih metoda u ranim fazama oblikovanja izbjegavaju se skupe korekcije u kasnijim fazama proizvodnog procesa; dakle: značajno se poboljšava razvoj proizvoda za jednostavnije sklapanje i uvelike se smanjuju troškovi i vremena sklapanja.

U ovome radu posebno je obrađena Sonyjeva metoda DAC.

DAC je kratica za englesku složenicu *Design Analysis Control*, koja bi se mogla prevesti kao *Upravljanje analizom oblikovanja*. Cilj ove metode je konstrukcija proizvoda koji će biti lako sklopiv uz minimalne troškove.

Oblikovanja proizvoda za lako sklapanje podrazumijeva ujedno i minimiranje broja dijelova. Minimalni broj dijelova (što znači i manju upotrebu materijala) rezultira kraćim ciklusom proizvodnje i bržom montažom.

Procedura vrednovanja sastoji se od ocjenjivanja tri aspekta sklopa. To su značajke dijelova, značajke sklapanja i značajke procesa.

Kao rezultati analize dobijaju se parametri sklopivosti iz kojih se jasno vidi lakoća sklapanja pojedinih dijelova proizvoda. Parametri sklopivosti su prosječni faktor sklopivosti D1, faktor sklopivosti D2, ukupni rezultat standardnih radnji D3 i faktor postignuća koncepta C.

U ovom radu provedena je Sonyjeva analiza sklopivosti daljinskog upravljača televizora.

Značajke dijelova daljinskog upravljača ukazuju na to da su dijelovi konstruirani funkcionalno, i da se lagano orijentiraju i pozicioniraju. Svi dijelovi imaju orijentaciju prema gore, što znači da se sklapanje vrši odozgo prema dolje.

Prosječni faktor sklopivosti D1 iznosi 81,3 boda od 100 mogućih. Ovaj rezultat pokazuje da je daljinski upravljač lako sklopiv, te da su operacije sklapanja jednostavne i mogu se izvoditi i ručno i automatski. Treba naglasiti da je ovaj proizvod u potpunosti moguće sklopiti automatskom montažom. Ukupni faktor sklopivosti je 87,5% što dokazuje da se vodilo računa o sklapanju u početnim fazama konstruiranja. Na temelju faktora sklopivosti može se pretpostaviti da je kod konstrukcije ovog daljinskog upravljača korištena neka od metoda za oblikovanje proizvoda za lako sklapanje.

Vrijeme koje je potrebno da se sklopi proizvod iznosi 12,396 sekundi i dobiveno je računskim putem. Za usporedbu, obavljeno je pokusno mjerenje vremena ručne montaže i ono iznosi oko 15 sekundi.

Spajanje dijelova izvedeno je pomoću uskočnih spojeva što znatno ubrzava i olakšava proces montaže (uskočni spojevi su dobra zamjena za vijke, ako je to konstrukcijski izvedivo.). U prilog lake sklopivosti ide i mali broj dijelova daljinskog upravljača.

Analiza po metodi DAC, pokazala je da je daljinski upravljač uzorno oblikovan za automatsku montažu.

Pravilnom i pravovremenom primjenom metode DAC u ranim fazama razvoja proizvoda znatno se smanjuju troškovi zbog izbjegavanja konstrukcijskih promjena u kasnijim fazama i olakšava sklapanje proizvoda.

5. LITERATURA

- [1] SONY DAC Assembly Evaluation/Design Manual, 1996.
- [2] B. Vranješ: Predavanja iz Tehnologije 2 – poglavlja o montaži, FSB, Zagreb, 2005.
- [3] <http://kth.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:8891> Pristupljeno: 2010-01-10
- [4] <http://www.machinevisiononline.org/public/articles/archivedetails.cfm?id=231>
Pristupljeno: 2010-01-11
- [5] <http://www.allbusiness.com/public-administration/justice-public-order/477314-1.html>
Pristupljeno: 2010-01-12
- [6] <http://www.dfma.com> Pristupljeno: 2010-02-03
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/Design_for_Assembly Pristupljeno: 2010-02-03
- [8] <http://crosbi.znanstvenici.hr/datoteka/22922.Design-F-A.doc> Pristupljeno: 2010-02-03